

2003 年我国稻纵卷叶螟特大发生的气候背景^{*}

陈 晓^{1**} 刘万才² 朱建生³ 张孝羲¹ 翟保平^{1***}

(1. 南京农业大学昆虫学系 教育部 & 农业部病虫害监测与治理重点开放实验室 南京 210095;

2. 全国农业技术推广服务中心 北京 100125; 3. 江西省抚州市临川区植保站 临川 344100)

摘 要 2003 年稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée 在我国特大暴发, 给水稻生产带来了严重的损失。为了揭示大发生种群形成的原因, 本文对 2003 年稻纵卷叶螟种群动态和气候背景进行了分析。结果表明: 气候异常是 2003 年稻纵卷叶螟特大发生的主要原因。(1) 2 月越南北方、华南南部气温异常偏高, 导致成虫始见期为历史最早年份, 初始虫源量成倍增长。(2) 7 月份西北太平洋副热带高压异常偏强、偏西, 导致江南地区出现严重的高温干旱, 促使江西、湖南早、中稻上的稻纵卷叶螟大规模北迁至长江中下游单季晚稻区。(3) 8 月份下旬—9 月上旬, 西太平洋副热带高压的南撤较常年明显偏迟, 高压区长时间控制我国华东地区, 形成了秋季高温、季风转换推迟的现象, 导致江淮地区 6(4) 代成虫未能回迁, 而是滞留在当地, 比常年多发生了一个世代。

关键词 稻纵卷叶螟, 迁飞, 大发生种群, 气候背景

Climatic factors influencing the 2003 outbreak of *Cnaphalocrocis medinalis* in China

CHEN Xiao^{1**} LIU Wan-Cai² ZHU Jian-Sheng³ ZHANG Xiao-Xi¹ ZHAI Bao-Ping^{1***}

(1. Department of Entomology, Nanjing Agricultural University, Key Laboratory of Monitoring and Management of Plant Diseases and Insect Pests, Ministry of Education & Ministry of Agriculture, Nanjing 210095, China;

2. National Agro-Technique Extension and Service Center, Beijing 100125, China;

3. Linchuan Plant Protection Station, Linchuan 344100, China)

Abstract An outbreak of the rice leaf roller *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée in China in 2003 caused severe damage to rice production. The population dynamics of the rice leaf roller in relation to climatic factors in 2003 were analyzed to investigate its outbreak mechanism. The results show that unusual climatic factors in 2003 played an important role in potentiating this outbreak. There were three unusual climatic factors in 2003. First, temperature was extremely high in northern Vietnam and the southern part of south China, resulting in the earliest recorded emergence of adults and a much larger initial population number. Secondly, the enhancement and westward extension of the western Pacific subtropical high in July resulted in unusually high temperatures and drought in southern China which stimulated a massive migration from early- and middle-rice crops in Jiangxi and Hunan provinces to single-rice crops in the middle and lower reaches of the Yangtse River. Thirdly, in late August and early September, the southward retreat of the western Pacific subtropical high occurred distinctly later than usual, causing a warm autumn and late conversion of the monsoon. Consequently, rice leaf rollers in the Jiang-Huai area failed to migrate southward and remained to reproduce for one more generation.

Key words *Cnaphalocrocis medinalis*, migration, outbreak population, climate condition

稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée 代至 80 年代发生较重, 从 80 年代末开始, 危害程度逐步减轻。然而, 21 世纪以来, 我国稻纵卷叶螟是我国水稻上重要的迁飞性害虫。20 世纪 70 年

^{*} 资助项目: 农业公益性行业科研专项“稻纵卷叶螟和白背飞虱测报与防控技术研究”(200903051); 江苏省博士后科研基金“江淮稻区稻纵卷叶螟灾变机制研究”(1101058C)。

^{**} E-mail: 2004202021@njau.edu.cn

^{***} 通讯作者, E-mail: bpszai@njau.edu.cn

收稿日期: 2013-04-21, 接受日期: 2013-05-02

进入一个严重发生时期,几乎连年猖獗危害。本次暴发周期持续时间之长,危害之重,是前所未有的,尤其在 2003 年、2007 年更是出现了历史罕见的特大暴发,给水稻生产造成了巨大的损失。

我国在 20 世纪 80 年代初,通过全国性的协作研究,已经探明了稻纵卷叶螟基本的迁飞规律和生物学、生态学特性(张孝羲等,1980a,1980b;全国稻纵卷叶螟研究协作组,1981)。但随着耕作制度、栽培方式和气候的变化,稻纵卷叶螟的发生规律也发生了相应的变化,这些基本规律越来越难以满足生产上对稻纵卷叶螟测报和防治的需要。当前亟需对稻纵卷叶螟灾变机制进行深入、细致的研究,这对提高中长期测报水平、保障农业生产安全具有重要的意义。

2003 年是本次猖獗周期中第一个大发生年,而且是罕见的特大暴发年。对当年种群发生动态的分析,将有助于人们明确稻纵卷叶螟灾变机理,乃至本次猖獗周期出现的原因。目前国内对 2003 年稻纵卷叶螟的发生情况已有一些研究报道,但大多是基于局地种群动态或某次迁入过程的分析(吴涛和姜卫红,2004;胡荣利等,2005;王翠花等,2006;齐国君等,2011),尚无法解释宏观尺度上,庞大种群的形成原因。为此,本文从前期虫源、迁飞过程、气候背景等方面着手,对我国 2003 年稻纵卷叶螟种群的总体发生动态进行分析,以揭示影响种群动态的关键因子,为中长期预报提供预警指标。

1 材料与方法

1.1 气象资料

温度、降水量资料:采用美国特拉华州州立大学气候研究中心创建的 1900—2008 年月平均温度、降水量格点资料,分辨率为 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 。

高度场资料:采用美国国家环境预报中心/大气研究中心(NCEP/NCAR)提供的 1979—2009 年再分析格点资料(NCEP-2)中的逐月平均和逐日平均的 500 hPa 位势高度资料,分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

风场资料:采用美国国家环境预报中心/大气研究中心(NCEP/NCAR)提供的 1979—2009 年再分析格点资料(NCEP-2)中的 6 h 一次的 925 hPa 风场资料,分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

1.2 地图资料

采用中国省级行政区图(1:4 000 000),从国家基础地理信息中心下载(<http://nfgis. nsdi. gov. cn>)。

1.3 虫情资料

来自全国农业推广服务中心测报处提供的稻纵卷叶螟逐侯调查数据报表及各地病虫预报。

2 结果与分析

2.1 2003 年我国稻纵卷叶螟发生概况及主要特点

2.1.1 发生概况 华南南部第 1 代幼虫在 4 月中下旬进入盛期。如北流、容县、陆川、玉州等地部分田块虫口密度达 92 ~ 110 头/百丛,个别田块高达 230 头/百丛。田间密度之高是历年资料所未记载的,已经显露出大发生的征兆。

5 月上旬,华南南部成虫盛发,估计同期越南北方也有成虫大量出现。从 5 月 6 日开始,华南北部、江南南部以及西南地区陆续出现大规模迁入峰,迁入量为历史罕见。常年当地稻纵卷叶螟主迁入峰出现在 5 月下旬 6 月上旬,3 代幼虫为主害代,2 代幼虫基本不造成严重危害。然而 2003 年由于成虫迁入期大幅提前,而且迁入量大,导致 2 代、3 代幼虫连续大发生。6 月上旬部分严重的地块卷叶率达到 80% 以上。

6 月上中旬,华南、江南和西南地区成虫相继盛发(图 1:A;图 2)。随着长江中下游地区梅雨季节的来临,江西、湖南部分羽化较晚的成虫北迁至长江沿江地区。成虫于 6 月中旬末迁入湖北东部,6 月下旬初迁入苏南、皖南等(图 1:B)。沿江稻区四(2)代成虫迁入期比常年提早 10 多天,蛾量显著高于常年。

7 月中旬,各地再次出现成虫羽化高峰。此时江西、湖南正值双季早稻收割,成虫大规模向江淮及淮北地区迁飞,7 月下旬后田间蛾量迅速回落(图 2)。与此相对应,江淮稻区在 7 月 19—25 日出现多次迁入峰,五(3)代成虫迁入量之大、幼虫危害之重为历史罕见。

8 月 15—20 日,沿江、沿淮地区陆续进入成虫高峰,8 月 25—26 日江南地区成虫继续北迁至江淮地区。常年江淮地区 8 月下旬—9 月上中旬发生的六(4)代稻纵卷叶螟为迁出代,一般情况下不

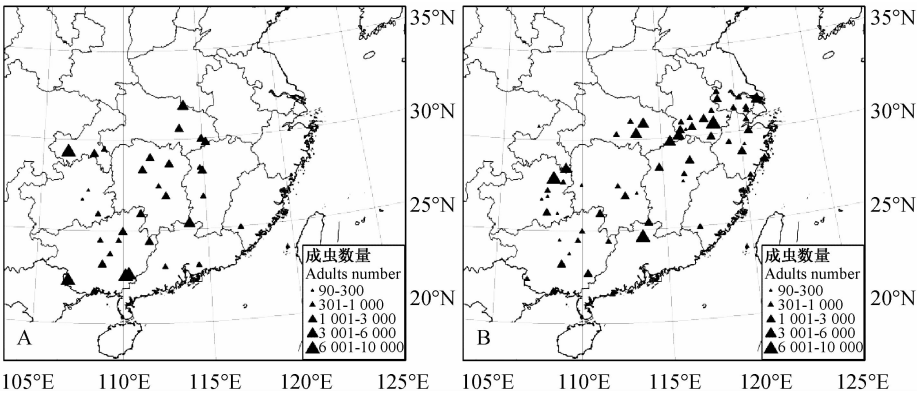


图 1 2003 年 6 月 16—20 日 (A)、21—25 日 (B) 稻纵卷叶螟田间蛾量分布 (头/667m²)

Fig.1 Adults number of *Cnaphalocrocis medinalis* in the field (No./667m²) during June 16 – 20 (A) and 21 – 25 (B) , 2003

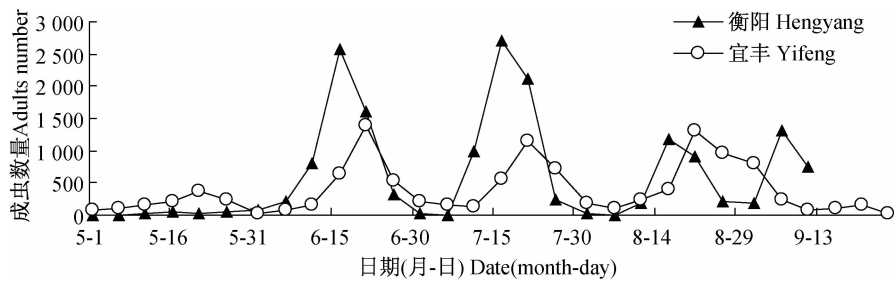


图 2 2003 年衡阳、宜丰稻纵卷叶螟田间蛾量 (头/667m²)

Fig.2 Fluctuation of adults number of *Cnaphalocrocis medinalis* (No./667m²) in Hengyang and Yifeng

会对水稻造成较大的危害。而 2003 年六(4)代成虫没有如往年那样向南方回迁,而是继续滞留当地为害。例如,扬州邗江区第 4 代稻纵卷叶螟蛾峰期田间蛾量高达 250 000 头/hm²,百穴卵量达 1 966 粒,卷叶率 30% 以上,个别田块全田白叶。

2.1.2 发生特点 2003 年稻纵卷叶螟大发生是一系列有利条件共同作用的结果,其中有 3 个因素最为重要。(1)南方早稻区前期虫源基数异常偏高,发生期提前。境外及华南南部的成虫在 5 月上中旬即大规模迁入华南北部、西南、江南南部地区,导致二代幼虫在当地双季早稻上出现罕见的大发生,为后期各世代的大发生积累了虫源。(2)7 月中下旬南方早稻区上成虫大量迁至江淮单季晚稻区,导致江淮稻区五(3)代幼虫大发生。(3)江淮稻区六(4)代成虫未能回迁,而是滞留当地,比常年多发生了一个世代。下面对这几方面的

2.2 南方早稻区前期虫源基数异常偏高的原因

2003 年 2 月我国大部分地区气温偏高。我国

华南和越南北方气温比常年偏高 3 ~ 4℃ (图 3)。这将促使境内、外春季成虫发生期提前。根据防城区 1981—2007 年稻纵卷叶螟田间成虫始见期资料(吴智色等,2007),在 2000 年以前,防城区稻纵卷叶螟始见期大多数在 3 月份,平均始见日为 3 月 7 日,然而 2003 年成虫始见日为 2 月 10 日,为历史最早的 1 年,比常年提前了 25 d。防城靠近中越边境,与越南北部自然地理条件相似,当地的虫情监测记录对越南北方虫情动态有很好的指示作用。有理由推测,2003 年越南北部稻纵卷叶螟的始见期也相应大幅提前。

稻纵卷叶螟成虫始见期大幅提前,意味着春季越南北部及华南南部的稻纵卷叶螟可多发生将近 1 个世代,初始虫源量将出现成倍的增长。这是 2003 年 4 月中下旬华南南部稻纵卷叶螟第 1 代幼虫的田间密度显著高于常年的主要原因。经过 3 个世代的繁殖,越南北方和华南南部积累了大量的虫源。到了 5 月上旬,随着羽化高峰的出现,境内、外成虫开始随着西南季风大举迁至华南北部、

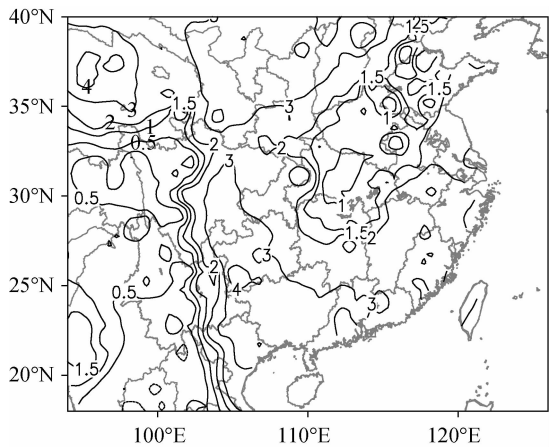


图3 2003年2月中国南方温度距平(单位:℃)分布(气候平均:1961—1990年)

Fig.3 Anomalies of temperature (unit: °C) in Feb., 2003 in southern China (from the mean between 1961 and 1990)

江南南部和西南稻区,迁入量较往年成倍增加。

2.3 江淮稻区五(3)代大规模迁入的原因

2003年江淮稻区五(3)代稻纵卷叶螟迁入规模之大为历史罕见。庞大的迁入量是由三方面因

素造成的。首先,前期稻纵卷叶螟在江南早稻和中稻上发生较为严重,虫源基数高。其次,由于发生期提前,江岭地区早稻上的稻纵卷叶螟种群在7月中旬进入成虫盛发期,这样大部分种群能够在早稻收割前羽化为成虫,使种群得以顺利延续。第三,2003年夏季,我国华南、江南地区出现了持续高温、干旱天气(图4)。很多市县最高气温、日平均气温超过历史最高纪录。江西7月份有40%的市县雨量创历史新低,大部分市县雨量偏少5成以上,旱情极为严重。恶劣的气候条件将刺激当地早、中稻田的成虫大规模外迁,随着西南强气流迁飞至江淮稻区后,随雨降落。

如此极端的气候条件是大气环流异常造成的。2003年7月西太平洋副热带高压的强度异常偏强,为常年的2.1倍。同时副热带高压脊线没有出现季节性北移,其北界一直维持在31°N附近,较常年偏南(图5);西伸脊点比常年平均偏西25个经距,而且脊线位置和西伸脊点位置相当稳定。副热带高压的异常强大以及位置偏南偏西,导致华南、江南一带长时期受副热带高压控制,进而出现罕见的高温干旱天气。

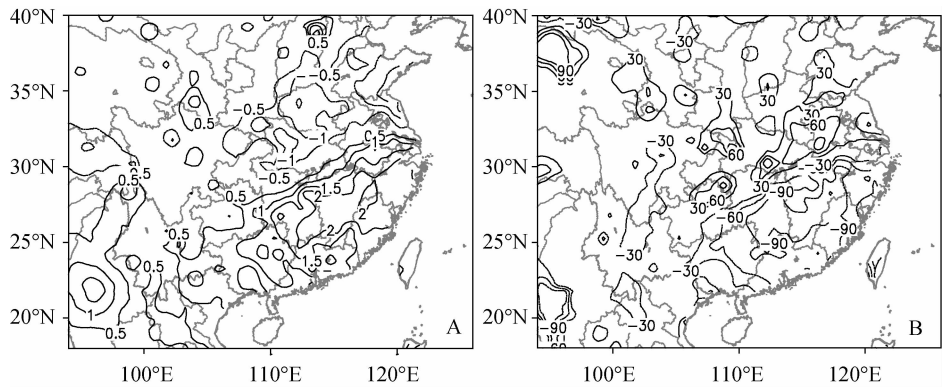


图4 2003年7月中国南方温度距平(A,单位:℃)及降水距平百分率(B,单位:%)分布(气候平均:1961—1990年)

Fig.4 Anomalies of temperature (A, unit: °C) and percentage anomalies of precipitation (B, unit: %) in July, 2003 in southern China (from the mean between 1961 and 1990)

2.4 江淮稻区六(4)代稻纵卷叶螟滞留为害的气候背景 2003年由于稻纵卷叶螟发生期整体提前,六(4)代成虫高峰也相应提前。江淮稻区在8月15—20日进入成虫羽化高峰,属于早发年份,为其滞留在当地为害赢得了时间。另一方面,2003年秋季气候异常也有利于成虫滞留当地。

2.4.1 秋季高温 秋季降温是影响迁飞性害虫

向南方回迁的重要生态因子。2003年秋季,由于副热带高压活动异常,长江中下游大部分地区秋季气温显著高于常年。江淮大部分地区8月下旬—9月5日平均气温为25~28℃(图6),比常年同期高1~2℃,有利于稻纵卷叶螟滞留为害。在2003年8月500 hPa位势高度上,我国南方为广阔的正距平区(图7)。尽管副热带高压异

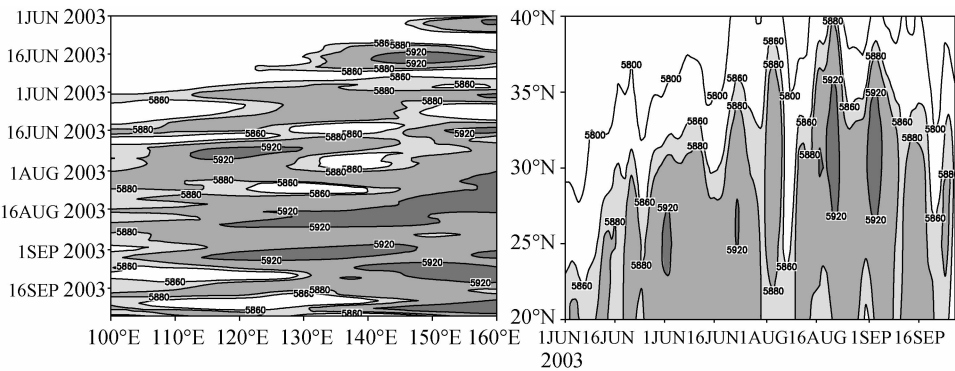


图 5 2003 年 6—9 月 500 hPa 位势高度沿 30°~32°N 的时间-经度剖面(左)和沿 120°~140°E 的时间-纬度剖面(右)

Fig.5 Time-longitude cross section of geopotential height at 500 hPa along 30°–32°N(left) and time-latitude cross section along 120°–140°E(right) in June – Sept. , 2003

常的强度不大,但控制范围较广,因此在 7 月的持续高温情况下,导致 8 月份的气温仍然持续升高。

2.4.2 季风转换推迟 每年秋季,随着大陆高压增强,暖气流被迫南撤,8 月中旬风向开始转换。8 月下旬冷气团不时入侵南下,江淮地区羽化的蛾群随季风向南回迁。

然而,在 2003 年 8 月下旬—9 月上旬,东北风仅能南下到 35°N 附近,即江淮地区(30°~35°N)的北缘(图 8)。35°N 以南地区基本为西南风。偶尔出现的几次偏北风也极为微弱,无法构成稻纵卷叶螟南迁的运载气流。贯穿江淮地区的强偏北风在 9 月 10 日才出现。季风转换的推迟,使江淮地区的稻纵卷叶螟无法及时回迁。

江淮地区秋季的高温天气及频繁的西南风,不但使稻纵卷叶螟无法回迁,反而有利于部分成

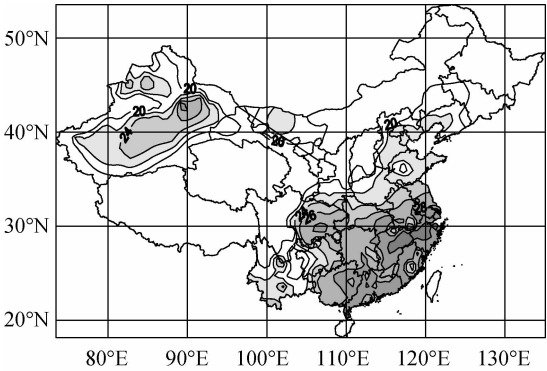


图 6 2003 年 8 月 21 日 -9 月 5 日平均气温(℃)
Fig.6 The mean ground temperature (℃) from Aug. 21 to Sept. 5, 2003

虫继续北迁。例如,8 月 27 日晚,有不计其数的稻

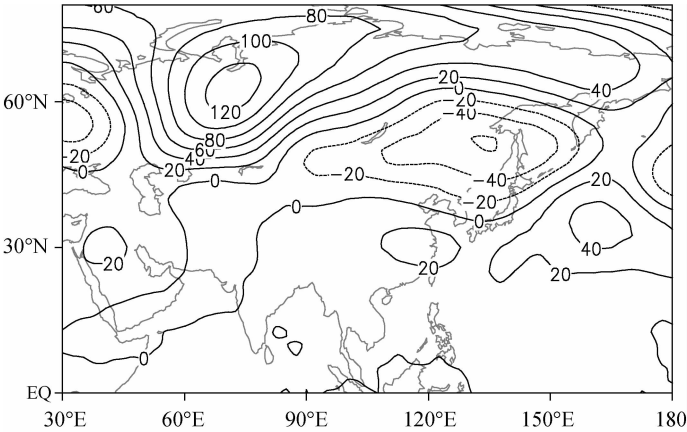


图 7 2003 年 8 月 500 hPa 位势高度异常分布(单位:gpm)(气候平均:1979—2008 年)
Fig.7 Geopotential height anomalies(gpm) at 500 hPa in August, 2003 (from the mean between 1979 and 2008)

纵卷叶螟突然聚集在山东青岛市海滨的灯光下。分析表明,虫源来自安徽,青岛在8月27日出现的大雨促使其集中降落。

2.4.3 大气环流背景 2003年江淮地区秋季高温和季风转换推迟的现象,是西太平洋副热带高压南撤偏迟造成的。在常年平均状态下,西太平洋副热带高压在7月中旬—8月中旬达到其最北位置。8月下旬以后,副热带高压逐渐南撤。然而,在2003年8月下旬—9月上旬,5 880 gpm 维持在35°N 略偏南的位置,与常年同期相比位置偏北。同时从8月15日开始,副热带高压从中太平

洋向西扩展,副热带高压西伸脊点于8月20日和9月初两次到达110°E 附近,控制了包括长江流域在内我国南方大部分地区(图5)。

2.4.4 台风活动 8月19—20日江西北部、湖南中部地区也出现成虫羽化高峰。8月25日0312号台风“科罗旺”在海南登陆,其与副热带高压相互作用,使我国东部在8月25—26日出现了大尺度西南低空急流,有利于南方虫源补充迁入。江南稻区的稻纵卷叶螟成虫在此期间向北迁飞,成为江苏及安徽东部六(4)代成虫第2次蛾峰的来源。

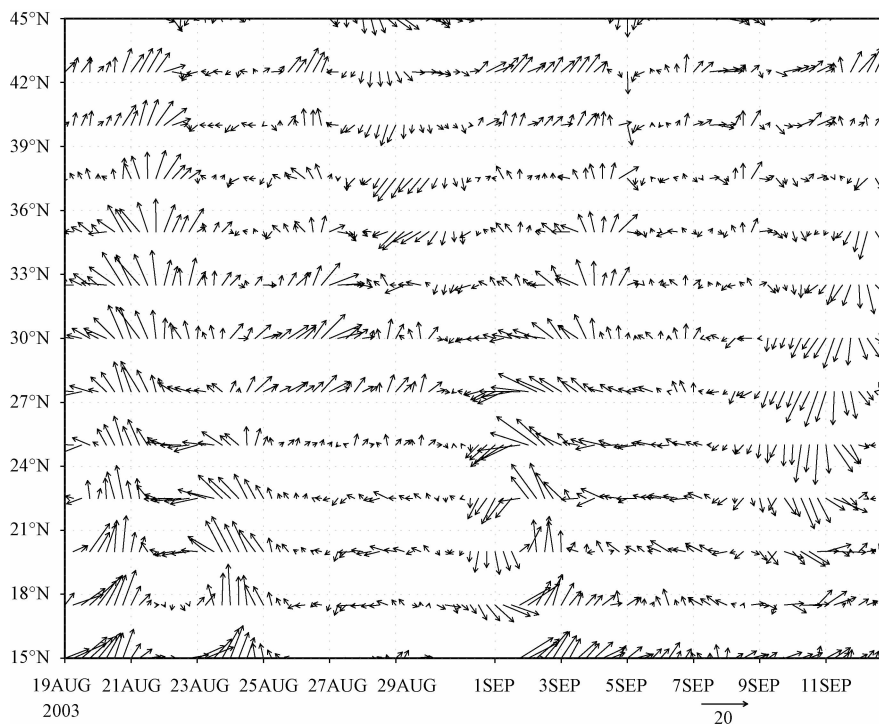


图8 2003年8月18日—9月12日沿118°~122°E 范围内925 hPa 风场的时间纬度剖面图

Fig.8 Time-latitude cross section of wind field at 925 hPa along 118° - 122°E from June 18 to Sept. 12 , 2003

3 结论与讨论

3.1 2003年2月越南北方气温异常偏高的影响

21世纪以来,我国进入稻纵卷叶螟持续猖獗时期。有研究表明,前期迁入量大是广西南宁、永福等地近年来稻纵卷叶螟持续猖獗危害的主要原因(齐国君等,2009;王凤英等,2009)。那么,什么原因导致了前期虫源数量的大幅上升?目前国内对此尚无研究报道。本文分析表明,2003年2月

越南北方和华南南部气温异常偏高,导致成虫始见期大幅提前,种群可多发生将近1个世代,初始虫源量出现成倍的增长。进而导致华南南部稻纵卷叶螟第1代幼虫的田间密度显著高于常年,华南北部、江南南部2代幼虫出现历史罕见的大发生,稻纵卷叶螟在南方早稻上的种群规模迅速上升。可见,2003年越南北方2月气温异常偏高是前期虫源量高的一个重要原因。那么其他年份的偏重发生是否也可以用越南北方2月气温偏高来

解释? 异常高温出现的大气环流背景又是什么? 这需要进一步的研究。

2003 年稻纵卷叶螟各个世代发生期的整体提前,不但导致前期虫源基数高,对种群后期发展也有重要影响。对于南方早稻上的稻纵卷叶螟种群而言,能否顺利度过早稻收割时期,是影响种群发展的一个重要因素。如果早稻收割时,稻纵卷叶螟尚处于幼虫或蛹的阶段,那么收割活动将显著降低种群数量。2003 年由于发生期提前,江西、湖南等地在 7 月中旬即进入成虫盛期,大部分种群避开了早稻大规模收割时期,使种群规模得以顺利延续。另外,江淮稻区六(4)代成虫高峰期明显早于常年,为滞留当地多发生一代,赢得了时间。

3.2 夏季西太平洋副热带高压异常的影响

稻纵卷叶螟能否出现全国性大发生,除了受前期境外和华南南部虫源基数决定外,还与迁入我国后各个世代的繁殖、迁飞活动有密切关系。其种群灾变的一个关键环节是,在 7 月份江南、华南稻区早稻成熟后,当地成虫能否大规模迁飞至长江中下游的单季晚稻区。2003 年 7 月由于西太平洋副热带高压异常偏强、偏西,导致江南、华南地区出现了罕见的高温干旱,促使当地羽化的成虫大规模向江淮地区迁飞。

常年江淮地区 8 月下旬—9 月上中旬发生的六(4)代稻纵卷叶螟为迁出代,一般情况下不会对水稻造成较大的危害。2003 年 8 月份下旬—9 月上旬,西太平洋副热带高压的南撤较常年明显偏迟。高压区长时间控制我国华东地区,形成了秋季高温、季风转换推迟的现象,有利于六(4)代成虫滞留在江淮地区,并造成严重危害。

综上所述,2003 年夏季西太平洋副热带高压的异常活动,深刻地影响了稻纵卷叶螟在 7—9 月期间的迁飞和繁殖。使稻纵卷叶螟在南方早稻上

严重发生的基础上,又在长江中下游单季晚稻区出现五(3)代、六(4)代连续大发生乃至特大发生,总体发生程度为历史罕见。那么,在同样特大发生的 2007 年,西太平洋副热带高压是否也扮演着类似的角色呢? 值得进一步探索。

参考文献 (References)

- 胡荣利,徐蕾,周福才,鞠国钢,陆自强,2005. 沿江稻区第 4 代稻纵卷叶螟的成灾机制. 植物保护学报, 32(4): 392—396.
- 齐国君,梁载林,辛德育,曹相余,甘宁,张孝羲,翟保平,2009. 广西永福县近年来早稻田稻纵卷叶螟连年大发生的原因分析. 环境昆虫学报, 31(2): 95—101.
- 齐国君,芦芳,高燕,梁居林,蓝晴,张孝羲,翟保平,吕利华. 2001. 稻纵卷叶螟 2010 年的一次迁飞过程及其虫源分析. 昆虫学报, 54(10): 1194—1203.
- 全国稻纵卷叶螟研究协作组, 1981. 我国稻纵卷叶螟迁飞规律研究进展. 中国农业科学, 14(5): 1—8.
- 王翠花,包云轩,王建强,向勇,翟保平,2006. 2003 年稻纵卷叶螟重大迁入过程的大气动力机制分析. 昆虫学报, 49(4): 604—612.
- 王凤英,胡高,陈晓,沈慧梅,罗善煜,辛德育,徐盛刚,张孝羲,翟保平,2009. 近年来广西南宁稻纵卷叶螟大发原因分析. 中国水稻科学, 23(5): 537—545.
- 吴涛,姜卫红,2004. 2003 年稻纵卷叶螟大发生原因分析及防治对策. 湖北植保, (2): 18—19.
- 吴智色,杨桂平,龙先华,黄岳,2007. 防城 1981—2007 年稻纵卷叶螟发生特点与预测浅析. 广西植保, 20(增刊): 98—100.
- 张孝羲,耿济国,陆自强,刘文娟,1980a. 稻纵卷叶螟生物学生态学研究初报. 昆虫知识, 17(6): 241—244.
- 张孝羲,陆自强,耿济国,李国柱,陈学礼,吴学文,1980b. 稻纵卷叶螟迁飞途径的研究. 昆虫学报, 23(2): 130—139.